บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 การบำรุงรักษาอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้า

เป็นงานที่สำคัญและจำเป็นในกระบวนการผลิตเพื่อที่จะให้อุปกรณ์ต่างๆ ในโรงไฟฟ้ามีความพร้อมและความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ดีงานบำรุงรักษาอุปกรณ์โรงไฟฟ้าก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สำคัญอันหนึ่งที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องมีผลทำให้ค่าไฟฟ้าสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ตามหลักการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงาน ได้กำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเป็นค่าใช้จ่ายที่ควบคุมได้ ดังนั้นค่าใช้จ่ายจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับการเลือกกลยุทธ์ วิธีการในการบำรุงรักษา หากเลือกวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมนอกจากจะทำให้อุปกรณ์ในโรงไฟฟ้ามีความพร้อมและความมั่นคง (Availability and Reliability) สูงขึ้น ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาด้วย

การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้าที่ผ่านมา จะมุ่งเน้นการทำการบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective maintenance) และการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive maintenance) ทั้งขณะเดินโรงไฟฟ้าและหยุดโรงไฟฟ้า เพื่อทำการเลือกการตรวจสอบอย่างละเอียด (Minor Inspection) หรือทำการซ่อมบำรุง (Major overhaul) ซึ่งจะวางกำหนดการ ช่วงเวลาการทำงาน การเลือกอุปกรณ์ที่ต้องซ่อมรวมทั้งรายละเอียดของงานซ่อม ที่ค่อนข้างตายตัว ขาดความยืดหยุ่นและวิเคราะห์ความจำเป็นของการดำเนินงานมีแนวโน้มที่จะบำรุงรักษาเกินความจำเป็น (Over maintenance)

และเกิดค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้จากการศึกษาโรงไฟฟ้าต่างๆ พบว่า การหยุดโรงไฟฟ้าเพื่อบำรุงรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่กระทบต่อความพร้อม (Availability) ของโรงไฟฟ้า

ดังนั้น การพัฒนาระบบงานบำรุงรักษา โดยการนำกลยุทธ์และวิธีการบำรุงรักษาแผนให้เช่น การซ่อมบำรุงโดยการคาดคะเน (Condition base maintenance) เพื่อตรวจติดตามสภาพของอุปกรณ์ตลอดเวลาและบำรุงรักษาอุปกรณ์เมื่อมีความจำเป็น การทำ Reliability centered maintenance โดยการวิเคราะห์แบ่งประเภทอุปกรณ์และเลือกวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมของแต่ละอุปกรณ์ รวมทั้งปรับกำหนดการ ช่วงเวลา รายละเอียด งานบำรุงรักษาอย่างละเอียด ที่จะซ่อมบำรุงให้เหมาะสมจะทำให้สามารถลดระยะเวลาที่ต้องหยุดโรงไฟฟ้าเพื่อการบำรุง สามารถเพิ่มความพร้อมของโรงไฟฟ้า (Availability) และลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาลงได้

2.1.1 ภารกิจของฝ่ายบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

ฝ่ายบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีภารกิจ บำรุงรักษาโรงไฟฟ้าให้มีความพร้อมเพื่อตอบสนองการผลิต และจ่ายกระแสไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลด้วยความปลอดภัยทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ประหยัดและสมประโยชน์ โดยคงไว้ซึ่งความสมดุลของสิ่งแวดล้อม

2.1.2 แนวคิดของการบำรุงรักษาแผนใหม่

แผนแม่บทการพัฒนาระบบบำรุงรักษาอุปกรณ์โรงไฟฟ้ามีแนวคิดพื้นฐานด้านต่างๆ ที่จะเป็นกรอบแนวทางของการทำแผนปฏิบัติการรองรับแผนแม่บทฯ นี้ แนวคิดที่สำคัญ คือ แนวคิดวิวัฒนาการงานบำรุงรักษา

• การบำรุงรักษาแบบแก้ไข (Corrective maintenance)

เป็นการซ่อมบำรุงเมื่ออุปกรณ์ชำรุดแล้ว ผลเสียคือไม่สามารถควบคุมความเสียหายและต้นทุนได้ และมีความเสี่ยงสูง

• การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive maintenance)

เพื่อเป็นการลบล้างข้อบกพร่องในการซ่อมบำรุงเมื่อชำรุด จึงได้มีการพัฒนางานทางด้านการซ่อมบำรุงตามแผนขึ้นมา กล่าวโดยย่อก็คือ การบำรุงรักษาเครื่องจักรกลตามระยะเวลาที่กำหนดขึ้น โดยอาจจะได้มาจาก ประสบการณ์ หรือจากคู่มือการใช้งานของเครื่องจักรนั้นๆ อย่างไรก็ตามการชำรุดของเครื่องจักรโดยไม่คาดคิดก็ไม่สามารถขจัดออกไปได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากว่ารูปแบบการชำรุดของเครื่องจักร (ในแง่ของการกระจายทางสถิติ) ไม่ได้อยู่ในลักษณะของการกระจายแบบสม่ำเสมอ (Uniform distribution) ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะเลือกช่วงการซ่อมบำรุงตามแผนที่เหมาะสม และในบางกรณีถึงแม้ว่าได้ปฏิบัติการซ่อมบำรุงตามแผนแล้วก็ตาม ก็ยังคงมีโอกาสที่จะเกิดการชำรุดของเครื่องจักรโดยไม่คาดคิดอีกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ สรุปได้ว่าการใช้การซ่อมบำรุงแบบนี้จะทำให้เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการผลิตทั้งทางตรง และทางอ้อม ตัวอย่างของการซ่อมบำรุงแบบนี้ได้แก่ การตรวจเช็คระดับน้ำมันที่บริเวณช่องตรวจระดับน้ำมัน การเปลี่ยนถ่ายน้ำมันตามระยะเวลา การถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนที่สำคัญบางชิ้นตามระยะเวลา ฯลฯ ปัญหาหนึ่งที่พบเสมอเมื่อทำการซ่อมบำรุงตามระยะเวลาคือ ทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนบางชิ้นโดยไม่จำเป็น และในบางกรณีอาจจะเป็นการรบกวนชิ้นส่วนในระบบอื่นโดยไม่จำเป็น รวมไปถึงในกรณีที่มีการประกอบกลับของชิ้นส่วนเข้าที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งนับได้ว่าได้รับผลเสียมากกว่าผลดีเสียอีก

• การซ่อมบำรุงโดยการคาดคะเน (Condition Base Maintenanceหรือ Predictive Maintenance)

โดยทั่วไปในปัจจุบัน เป็นที่ทราบกันแล้วว่า เครื่องจักรจะมีกลไก และวิธีการทำงานที่สลับซับซ้อนมากกว่าเครื่องจักรกลในสมัยก่อนๆ รวมทั้งเป็นการยากที่จะทำการถอดเปลี่ยน หรือทำการตรวจเช็คตามจุดที่สำคัญของงานการบำรุงรักษาป้องกัน วิธีการในงานการซ่อมบำรุงโดยการคาดคะเนนับได้ว่าเป็นปรัชญาใหม่ในศาสตร์ของการซ่อมบำรุงเครื่องจักร แนวความคิดโดยสรุปก็คือ การใช้วิธีการหรือ เทคนิคใหม่ๆของเครื่องมือวัดชนิดต่างๆ เช่น อุปกรณ์ในการวัดความสั่นสะเทือน กล้องอินฟราเรด เทอร์โมกราฟฟี่ ฯลฯ โดยพื้นฐานแล้วพอที่จะจัดแบ่งการซ่อมบำรุงแบบนี้ออกเป็นวิธีย่อยๆ คือ Vibration Analysis, Oil/Wear Particle Analysis, Performance Monitoring, Temperature Monitoring

การศึกษาติดตามสภาพเครื่องจักร (Condition Monitoring) หรือ เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าการติดตามสุขภาพเครื่องจักร (Machine Health Monitoring) ก็จัดได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการซ่อมบำรุงแบบคาดคะเนความจริงแล้วการทำ CM : condition monitoring หรือ MHM : machine health monitoring ไม่ใช่ของใหม่ โดยทั่วไปแล้ว วิศวกร หรือ ผู้ควบคุมเครื่อง ก็ใช้สามัญสำนึกในการดูแลรักษาเครื่องจักรอยู่แล้ว เช่น การใช้สายตาตรวจดูลักษณะโดยทั่งไป, การใช้จมูกดมกลิ่นไม้, การใช้หูฟังเสียงที่ดังผิดปกติ และการใช้นิ้วมือสัมผัส (ความร้อน) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิธีการตรวจสอบดังกล่าวจะเป็นลักษณะการประเมินสภาพเครื่องจักรที่ไม่มีข้อยุติที่แน่นอน ทั้งนี้เนื่องมาจากความไม่เที่ยงตรงของประสาทสัมผัสของคนแต่ละคนที่ไม่เหมือนกัน ดังนั้นการใช้เครื่องมือตรวจวัดเชิงปริมาณสำหรับการซ่อมบำรุงแบบคาดคะเนจึงเป็นสิ่งสำคัญ ทั้งนี้เพราะทำให้ได้ข้อสรุปที่ไม่มีการบิดพลิ้วได้ในการประเมินสภาพของเครื่องจักร ดังนั้นจากความหมายของ “ Condition Base Maintenance ” ก็พอที่จะสรุปได้ว่า เมื่อสามารถทราบถึงลักษณะของต้นเหตุของการชำรุด จึงพอที่จะสามารถจัดเตรียมการล่วงหน้าสำหรับ แรงงาน, ชิ้นส่วนอะไหล่ และกำหนดช่วงเวลาการทำงานที่ไม่ขัดกับแผนการผลิตหลักได้ ในกรณีที่มีการประยุกต์ใช้ Condition Base ที่เหมาะสมแล้ว ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือ

- ลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง
- ลดสถิติการชำรุดของเครื่องจักร
- ลดเวลาการชำรุดของเครื่องจักร
- ลดปริมาณอะไหล่คงคลังในการซ่อมบำรุง
- เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต
- วางแผนการซ่อมบำรุงได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น

- ทำให้การหยุดชะงักในการผลิตน้อยลง

• การบำรุงรักษาแบบการป้องกันล่วงหน้า (Proactive Maintenance)

นับได้ว่าการใช้เทคนิคการซ่อมบำรุงโดยวิธีนี้เป็นการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ค่อนข้างใหม่ต่อวงการอุตสาหกรรมทั้งนี้เพราะแนวความคิดดังกล่าวนี้เพิ่งถูกตีพิมพ์เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1985 โดยย่อแล้วงานการซ่อมบำรุงแบบนี้จะมุ่งพิจารณาที่ "รากของปัญหา (Root cause of failure) " โดยที่ root cause สามารถแบ่งย่อยออกเป็นหกอย่างคือ

- Chemical stability
- Physical stability
- Temperature stability
- Wear stability
- Leakage stability
- Mechanical stability

เมื่อใดที่มีการไม่สมดุลในระบบของเครื่องจักร (อาจจะเกิดความไม่มี stability จากรากของปัญหาตามที่กล่าวมา หรืออาจจะมีความไม่สมดุลในระบบมากกว่าหนึ่งสาเหตุก็เป็นได้) ตัวอย่างที่เห็นได้ง่ายๆในระบบไฮดรอลิคก็คือ การที่มีสิ่งสกปรกหลุดลอดเข้าไปในระบบ ซึ่งอาจจะเกิดจากการเติมน้ำมันที่สกปรกเข้าไปในระบบ, การเสื่อมสภาพของไส้กรองอากาศ, การชำรุดฉีกขาดของซีล ฯลฯ และสิ่งสกปรกดังกล่าวก็จะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ระบบขาดสมดุลไป เมื่อวิศวกรหรือ ผู้ชำนาญ การทราบถึง root cause ก็จะทำการแก้ไขให้ระบบกลับคืนสู่สมดุล เช่น ใช้ไส้กรองที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น, เปลี่ยนซีลที่ขาด หรือ ทำการกรองน้ำมันที่สงสัยว่ามีสิ่งสกปรกผสมอยู่ เป็นต้น

2.2 Reliability-Centered Maintenance

เป็นวิธีการบำรุงรักษาที่พัฒนาใช้งานครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา (1975) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญดังนี้ คือ

- เลือกอุปกรณ์ที่เป็น key equipment ซึ่งกระทบต่อ Availability ของโรงไฟฟ้า อาจแบ่งประเภทอุปกรณ์เป็นกลุ่มๆ
- หาวิธีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมแต่ละกลุ่มอุปกรณ์

- กำหนดช่วงเวลาการบำรุงรักษา รายละเอียดงาน มาตรฐานการทำงาน การเปลี่ยนชิ้นส่วน เป็นต้น

2.2.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน RCM

2.2.1.1 เลือกอุปกรณ์ ที่จะนำมาวิเคราะห์งานตามหลัก RCM คือการเลือกอุปกรณ์ที่จะนำมาแก้ปัญหาโดยอุปกรณ์นั้น ต้องมีลักษณะการทำงานเฉพาะสมบูรณ์ภายในขอบเขตที่ผู้ใช้งานต้องการ

2.2.1.2 ระบุ Functional & Performance Standard รวมกันทั้งหน่วย คือการบอกหน้าที่ของอุปกรณ์รวมถึงการทำงานและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่นำมาพิจารณา

2.2.1.3 ระบุสภาวะ Functional Failure ของอุปกรณ์ คือ การรวบรวมสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้อุปกรณ์ที่นำมาพิจารณาทำงานไม่ได้ หรือทำไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

2.2.1.4 วิเคราะห์ Failure Modes คือ การพิจารณาถึงสาเหตุต่างๆ โดยแยกพิจารณาตามแต่กรณีที่เกิดขึ้น โดยละเอียด

2.2.I.5 ระบุ Failure Effects แต่ละสาเหตุ คือ การพิจารณาถึงผลกระทบโดยตรงที่จะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ที่พิจารณา ซึ่งเกิดจากสาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์ทำงานไม่ได้ หรือไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

2.2.1.6 พิจารณา Failure Consequences คือ การพิจารณาถึงผลสืบเนื่องจากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความเสียหายต่างๆ

2.2.1.7 การตัดสินใจเลือกวิธีการบำรุงรักษา (RCM Decision Diagram) คือ การกำหนดรูปแบบและระยะเวลาในการทำการบำรุงรักษาที่เหมาะสม เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ และเพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกวิธีบำรุงรักษา

2.2.1.8 Proactive Maintenance & Default Actions คือ การเลือกใช้วิธีการบำรุงรักษาให้เหมาะสมทั้งการบำรุงรักษาแบบป้องกัน (PM) หรือการบำรุงรักษาเมื่อเกิดปัญหา Default Actions

2.2.1.9 ปรับปรุงระบบงาน PM, CM, CBM, IM. คือ การนำผลสรุปที่ได้จากการพิจารณาตามระบบ RCM มาปรับปรุงงานซ่อมบำรุง

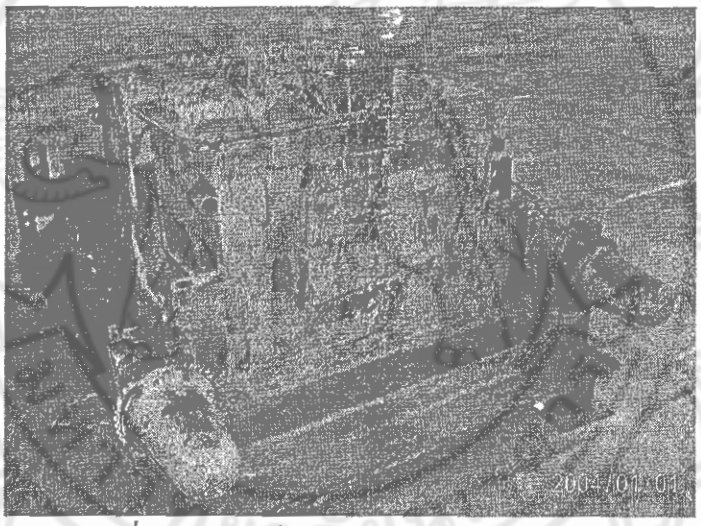
2.2.1.10 ปรับปรุงการดูแลอุปกรณ์เดินเครื่อง

2.2.1.11 นำระบบเข้าใช้งาน

2.2.1.12 ติดตาม, ประเมินผล, ปรับปรุงและขยายผล

2.3 อุปกรณ์บดเถ้าหนัก (Clinker Grinder)

อุปกรณ์บดเถ้าหนัก เป็นอุปกรณ์ที่ใช้บดเถ้าขนาดใหญ่ ก่อนถูกส่งไปทิ้งยังสายพานลำเลียงเถ้า หากไม่มีอุปกรณ์บดเถ้าหนัก จะทำให้เถ้าเกิดความเสียหายต่อสายพานลำเลียง เนื่องจากความร้อนสะสมในก้อนเถ้า จากความเสียหายที่เกิดขึ้นจึงมีการทำเครื่องบดเถ้าหนักขึ้นมา ให้มีความสามารถบดเถ้าให้มีขนาดเล็กลง และเล็กให้มีขนาดไม่เกิน 10 เซนติเมตร และต้องมีความสามารถในการบดเถ้าที่ต้องลำเลียงเถ้าไปทิ้งยังที่ทิ้งเถ้าให้มีปริมาณไม่ต่ำกว่า 75 ตันต่อชั่วโมง เพื่อป้องกันความเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 อุปกรณ์บดเถ้าหนัก (Clinker Grinder)

2.3.1 หลักการทำงานของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก (Clinker Grinder)

อุปกรณ์บดเถ้าหนักจะทำงานโดย รับกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า และส่งผ่านสายพานไปยังพูลเล่ย์ ซึ่งต่อกับเพลาหลักและส่งกำลังไปยังชุดเกียร์เพื่อทำให้ตัว Grinder Segment หมุน โดย Grinder Segment จะหมุนในทิศตรงกันข้ามเพื่อทำการบดเถ้าขนาดใหญ่ (Slag) ให้มีขนาดเล็กลง เพื่อง่ายต่อการลำเลียงไปทิ้งทางระบบสายพานลำเลียงเถ้า (Ash Conveyer) เพื่อนำไปทิ้งยังที่ทิ้งเถ้า

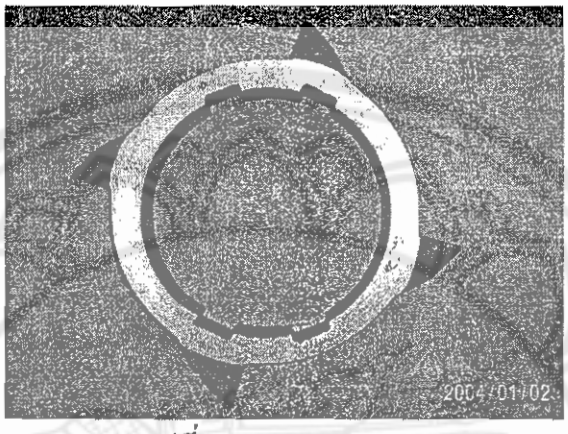
2.3.2 ส่วนประกอบของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก (Clinker Grinder)

อุปกรณ์บดเถ้าหนัก จะมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่หลายส่วนด้วยกันคือ

2.3.2.1 Grinder Segment มีอยู่ทั้งหมด 2 ชุด โดยจะมีลักษณะเป็นหนามรอบเพลากลม ซึ่งอุปกรณ์ชิ้นนี้จะทำหน้าที่บดเถ้าขนาดใหญ่ ให้มีขนาดเล็กลง ก่อนลงไปยังสายพานลำเลียงโดย Grinder Segment จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.2

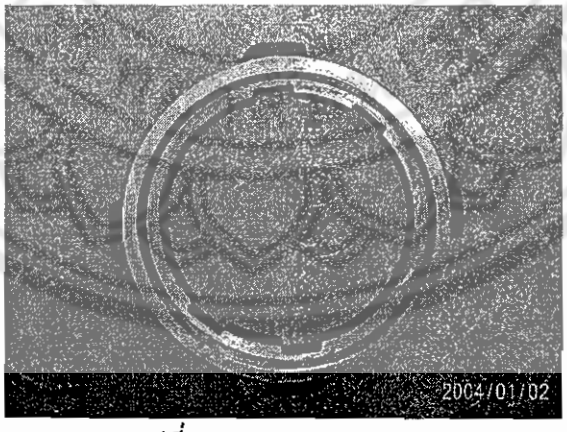
รูปที่ 2.2 Grinder Segment

2.3.2.2 Center Segment จะอยู่บริเวณตรงกลางของ Grinder Segment ซึ่งจะมีชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่บดเถ้ายื่นออกมาจำนวน 4 ฟัน ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Center Segment

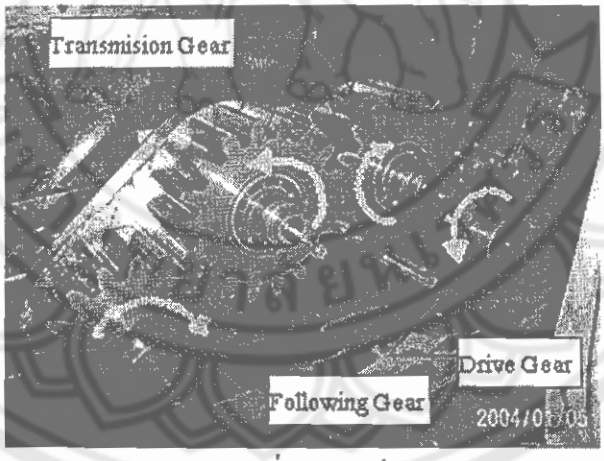
2.3.2.3 Flange Segment จะอยู่บริเวณปลายทั้งสองด้านของ Grinder Segment ซึ่งจะทำหน้าที่ยึด Grinder Segment ทั้งสองด้าน ฟันที่ยื่นออกมาจะสั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Flange Segment

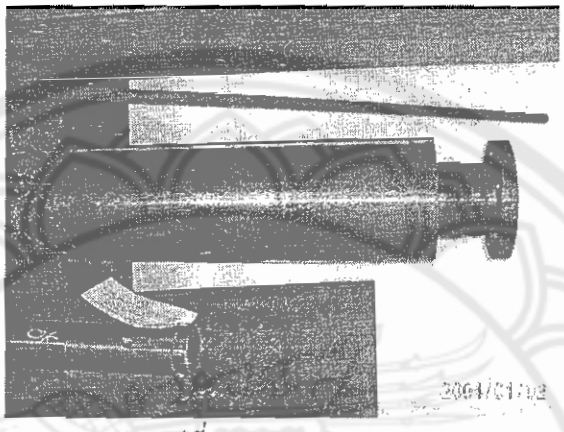
2.3.2.4 กล่องครอบเกียร์ (Gear Box) ภายในจะประกอบด้วย เฟืองทั้งหมด 4 ตัว ขบกันอยู่ ซึ่งจะทำให้ Grinder Segment ทั้งสองอันหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกัน เพื่อทำการบดเถ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 กล่องครอบเกียร์ (Gear Box)



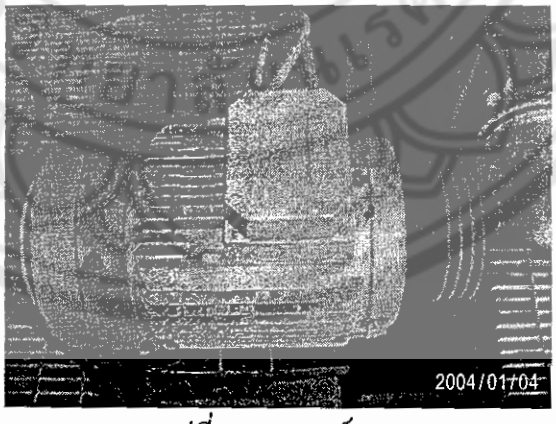
รูปที่ 2.6 เกียร์

2.3.2.5 Roll Assembly จะเป็นแกนกลางสำหรับสวม Grinder Segment โดยจะมี Key Lock ให้ Grinder Segment อยู่ตรงตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 Roll Assembly

2.3.2.6 มอเตอร์ ทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังให้กับพูลเล่ย์ เพื่อส่งถ่ายกำลังต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.8

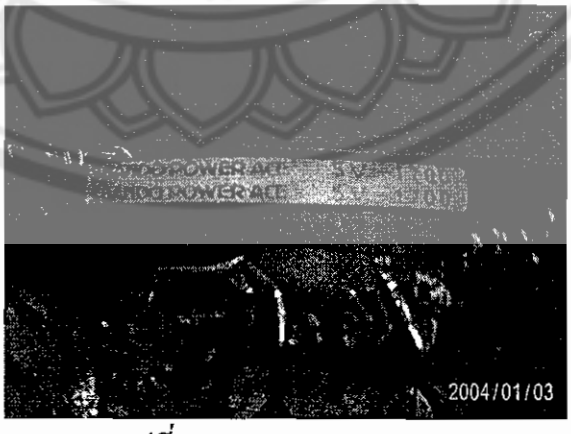


รูปที่ 2.8 มอเตอร์

2.3.2.7 พูลเล่ย์ขับ (Drive Pulley) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.03 นิ้ว (204 mm.) ทำหน้าที่รับกำลังจากมอเตอร์ เพื่อส่งกำลังต่อไปยังสายพาน จะมีร่องสำหรับใส่สายพาน จำนวน 3 ร่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.9

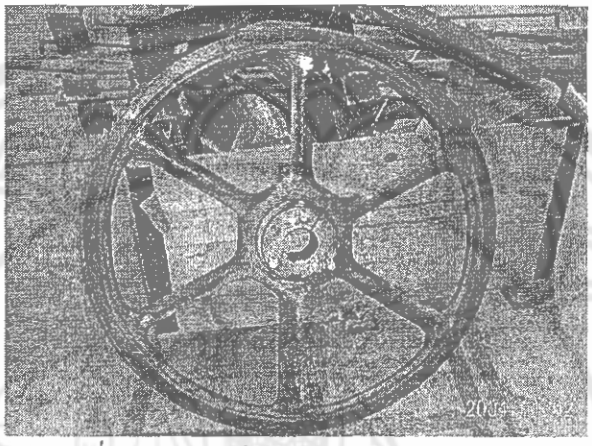
รูปที่ 2.9 พูลเล่ย์ขับ(Drive Pulley)

2.3.2.8 สายพาน ทำหน้าที่รับส่งกำลังจาก Drive Pulley และส่งกำลังไปยัง Following Pulley ของอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ซึ่งจะใช้สายพานชนิด 5V-1700, ยาว 170 นิ้ว (4,318 mm.) ดังแสดงในรูปที่ 2.10



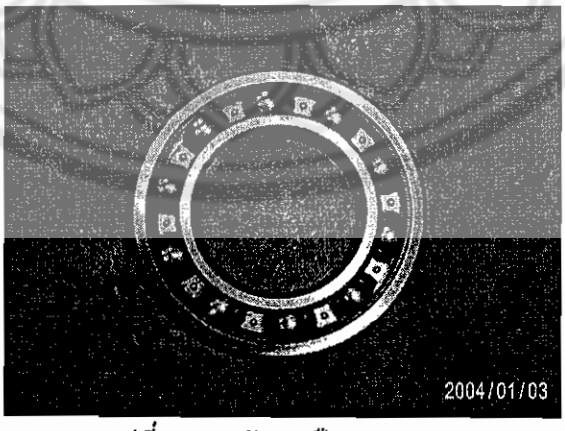
รูปที่ 2.10 สายพาน (Belt)

2.3.2.9 พูลเล่ย์ตัวตาม (Following Pulley) จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37.5 นิ้ว (955 mm.) ใหญ่กว่า Drive Pulley ซึ่งตัว Pulley นี้ จะติดอยู่กับเพลาหลักของตัวอุปกรณ์บดเถ้าหนัก ดังแสดงในรูปที่ 2.11



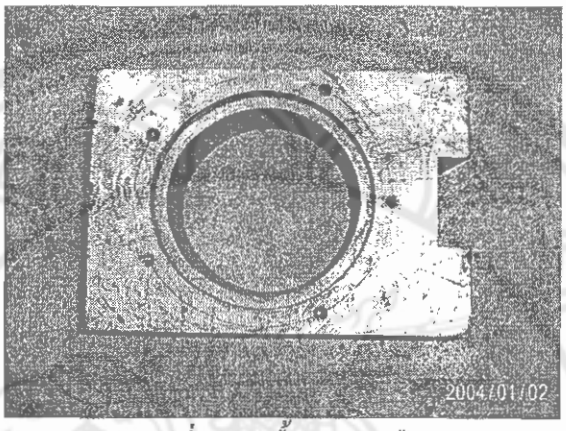
รูปที่ 2.11 พูลเล่ย์ตัวตาม (Following Pulley)

2.3.2.10 ตลับลูกปืน (Bearing) ประเภท Angular Contact Ball Bearing Double Row #22215 , มีลูกปืน จำนวน 10 เม็ด ทำหน้าที่ช่วยรับโหลดจากการทำงาน และลดความเสียดทานในการหมุนระหว่างเพลากับ เสื้อเพลา ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ตลับลูกปืน (Bearing)

2.3.2.11 เสื้อดลับลูกปืน (Bearing Housing) ทำหน้าที่เป็นเสื้อรองรับลูกปืน และป้องกันลูกปืนเสียหายจากผงเถ้า จะมีลักษณะภายนอกเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม และมีแผ่นปิด (Cover Plate) สำหรับปิดคลอบดลับลูกปืน ทั้งสองด้าน ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 เสื้อดลับลูกปืน